



## Penerapan Model Tingkat Suku Bunga *Cox Ingersoll Ross* (CIR) dalam Menentukan Iuran Normal Pensiun

Martina Mery Yohanna Limbong\*, Dewi Rachmatin, Bambang Avip Priatna

Program Studi Matematika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

\*Correspondence: E-mail: [merymartina84@gmail.com](mailto:merymartina84@gmail.com)

### ABSTRAK

Kemajuan atau kemunduran dari perusahaan dipengaruhi oleh produktivitas para pekerja. Program pensiun merupakan salah satu program yang dapat menjamin kesejahteraan pegawai. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan model *Cox Ingersoll Ross* (CIR) dalam mengaproksimasi tingkat suku bunga dan menggunakannya dalam menentukan iuran normal pensiun. Untuk menggambarkan keadaan yang sebenarnya, tingkat suku bunga menjadi dasar penentuan iuran pensiun yang bersifat fluktuatif, maka dipilih model CIR. Metode yang digunakan dalam perhitungan aktuaria adalah metode *Projected Unit Credit* (PUC). Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai *Mean Absolut Percentage Error* (MAPE) 6,45%. Hal ini menunjukkan bahwa pola perkiraan suku bunga dan suku bunga pasar bergerak dengan cara yang hampir sama. Berdasarkan metode PUC, perhitungan iuran normal dengan model CIR cenderung lebih besar dibandingkan dengan menggunakan tingkat bunga konstan. Hasil perkiraan tersebut dapat membantu mengurangi risiko di masa yang akan datang.

© 2022 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

### ABSTRACT

*The progress or decline of a company is influenced by the productivity of the workers. The pension program is one of the programs that can guarantee the welfare of employees. This study aims to implement the Cox Ingersoll Ross (CIR) model in approximating interest rates and using them to determine normal pension contributions. In order to be able to describe the actual situation, namely the interest rate which is the basis for determining pension contributions is fluctuating, the CIR model was chosen. The method used in actuarial calculations in this study is the Projected Unit Credit method. Based on the calculations, the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) value is 6.45%. This suggests that the pattern of forecasted interest rates and market rates move in much the same way. In addition, the results show that the calculation of normal contributions using the CIR model tends to be larger than using a constant interest rate. The forecast results can help reduce risks in the future.*

© 2022 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

### INFORMASI ARTIKEL

#### Sejarah Artikel:

Diterima 2 Oktober 2022

Direvisi 9 Oktober 2022

Disetujui 30 Oktober 2022

Tersedia Online 31 Oktober 2022

Dipublikasikan 1 Desember 2022

#### Kata Kunci:

*Cox Ingersoll Ross* (CIR),  
Iuran Normal,  
Pensiun,  
*Projected Unit Credit* (PUC).

#### Keywords:

*Cox Ingersoll Ross* (CIR),  
Normal Cost,  
Pension,  
*Projected Unit Credit* (PUC).

## 1. PENDAHULUAN

Sesuai dengan UU No. 11 pada Tahun 1992, dana pensiun merupakan badan hukum yang melakukan pengelolaan serta menjalankan program yang menjanjikan manfaat untuk pesertanya. Menurut Pengantar Standar Akuntansi Keuangan (PSAK) No.24, besar manfaat pensiun yang akan didapatkan pekerja terbagi menjadi dua jenis program pensiun, yaitu program pensiun iuran pasti (PPIP) serta Program Pensiun Manfaat Pasti (PPMP). Salah satu yang menggunakan program pensiun manfaat pasti yaitu Pegawai Negeri Sipil (PNS).

Besarnya iuran normal (*normal cost*) serta kewajiban aktuarial (*actuarial liability*) dapat dihitung dengan perhitungan aktuarial. Metode perhitungan aktuarial yang digunakan yaitu metode *Accrued Benefit Cost* merupakan metode yang menekankan pada manfaat pensiun yang sudah jatuh tempo pada suatu tanggal. Salah satu metode *Accrued Benefit Cost* yakni Metode *Projected Unit Credit* (PUC) (Utami et al., 2012).

Permana et al., (2017) menerapkan Metode *Projected Unit Credit* (PUC) dan *Entry Age Normal* (EAN) pada dana pensiun. Mereka membandingkan besaran iuran normal serta kewajiban aktuarial yang didapatkan dari metode PUC dan EAN dan menyimpulkan bahwa dilihat dari segi peserta, metode EAN lebih baik daripada metode PUC. Hal ini karena besar iuran normal metode EAN lebih kecil daripada metode PUC. Sedangkan jika dilihat dari perusahaan dana pensiun, metode PUC lebih baik dikarenakan kewajiban aktuarial dengan metode EAN lebih besar daripada metode PUC. Hal ini berarti cadangan manfaat yang harus disiapkan perusahaan dengan menggunakan metode PUC lebih sedikit dibandingkan dengan menggunakan metode EAN.

Program Pensiun merupakan bentuk pendanaan dengan jangka panjang maka salah satu dari asumsi yang perlu dipertimbangkan adalah tingkat suku bunga. Soffan et al., (2011) mengatakan bahwa tingkat suku bunga selalu bergerak secara fluktuatif sesuai keadaan ekonomi namun akan mendekati nilai tertentu. Model suku bunga yang digunakan pada artikel ini yaitu model *Cox Ingersoll Ross* (CIR). Model CIR diambil karena mempunyai pola yang mirip akan tingkat suku bunga di pasar serta menjamin prediksi dari tingkat suku bunga tidak bernilai negatif (Artika, 2020).

## 2. METODE

### 2.1 Asumsi Aktuarial

Asumsi aktuarial merupakan harapan yang didasari pengalaman di masa lalu yang diperkirakan akan sesuai pada keadaan yang sekarang atau di masa yang akan datang (Islam et al., 2016). Asumsi aktuarial di antaranya yaitu asumsi penurunan populasi, penghasilan yang akan datang dan tingkat suku bunga.

### 2.2 Fungsi Dasar Aktuarial

Fungsi dasar aktuarial adalah komponen yang dasar untuk membuat formulasi iuran pensiun serta manfaat pensiun. Fungsi dasar aktuarial terdiri dari:

#### a. Fungsi Kelangsungan Hidup

Fungsi kelangsungan hidup merupakan fungsi yang dapat menggambarkan peluang hidup pegawai. Menurut Dickson dalam bukunya yang berjudul *Actuarial mathematics for life contingent risks* pada tahun 2019 jikalau seorang pegawai berumur  $x$  tahun maka peluang

hidup untuk seorang pegawai bertahan hingga usia  $t$  tahun dapat dinyatakan dengan persamaan (1) berikut:

$${}_t p_x = \frac{l_{x+t}}{l_x} \quad (1)$$

dengan

${}_t p_x$  : peluang peserta berusia  $x$  tahun dapat bekerja (hingga  $x + t$ ) tahun

$l_{x+t}$  : jumlah pegawai yang berusia  $x$  tahun hingga  $t$  tahun berikutnya.

$l_x$  : jumlah pegawai yang berusia  $x$  tahun.

#### b. Fungsi Anuitas Hidup

Anuitas hidup yaitu serangkaian pembayaran yang dilakukan pada seseorang selama orang tersebut hidup (Revani et al., 2012). Fungsi anuitas hidup dapat dinyatakan dengan persamaan (2) berikut:

$$\ddot{a}_x = \sum_{t=0}^{\infty} v^t {}_t p_x \quad (2)$$

dengan

$\ddot{a}_x$  : anuitas seumur hidup diskrit dimuka dimulai  $x$  tahun

$v^t$  : tingkat suku bunga  $t$  tahun

${}_t p_x$  : peluang peserta berusia  $x$  tahun dapat bekerja (hingga  $x + t$ ) tahun

#### c. Fungsi Tingkat Suku Bunga

Fungsi tingkat suku bunga diperlukan untuk mendiskonto pembayaran di masa depan pada saat ini. Berdasarkan Winklevoss dalam bukunya yang berjudul '*Pension mathematics with numerical illustrations*' tahun 1993 menyatakan bahwa jika  $r_t$  merupakan tingkat suku bunga pada tahun ke-  $t$ , maka *present value* dari 1 yang perlu dibayarkan setelah  $n$  tahun dinyatakan dengan persamaan (3), yakni:

$$v^n = \prod_{t=1}^n \left( \frac{1}{1 + r_t} \right) \quad (3)$$

dengan

$v^n$  : *present value* mulai tahun ke- 1 sampai pada tahun ke-  $n$

$r_t$  : tingkat suku bunga pada tahun ke-  $t$

#### d. Fungsi Manfaat

Fungsi manfaat atau *benefit function* (Luenberger, 1992) digunakan untuk menentukan besarnya jumlah manfaat yang perlu dibayarkan perusahaan untuk peserta saat pensiun. Tiga rumus manfaat yang sering digunakan pada program pensiun manfaat pasti yaitu:

##### 1) Gaji Terakhir

Besar manfaat pensiun peserta pada usia  $r$  tahun ditunjukkan oleh persamaan (4) berikut

$$B_r = k(r - y)S_{r-1} \quad (4)$$

dengan  $B_r$  adalah besar manfaat pensiun,  $k$  merupakan persentase gaji yang diberikan,  $r - y$  adalah masa kerja, dan  $s_{r-1}$  adalah gaji terakhir sebelum pensiun.

## 2) Rata-Rata Gaji Terakhir

Besar manfaat pensiun peserta pada usia  $r$  tahun dinyatakan oleh persamaan (5) berikut

$$B_r = k (r - y) \frac{1}{n} \sum_{t=r-n}^{r-1} s_t \quad (5)$$

dengan  $s_t$  adalah gaji pada tahun ke- $t$ .

## 3) Rata-rata Gaji Selama $n$ Tahun Bekerja

Besar manfaat pensiun peserta pada usia  $r$  tahun dinyatakan oleh persamaan (6) berikut

$$B_r = k S_r \quad (6)$$

dengan  $k$  adalah persentase gaji yang akan diberikan untuk manfaat, dan  $S_r$  merupakan jumlah gaji selama bekerja.

## 2.3 Tingkat Suku Bunga Cox Ingersoll Ross (CIR)

Model *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR) adalah jenis model yang menunjukkan karakteristik *mean reversion* yang menjelaskan perilaku suku bunga sehingga prakiraan suku bunga tidak negatif. Model ini diperkenalkan pada tahun 1985 oleh John C. Cox, Jonathan E. Ingersoll, Jr., dan Stephen A. Ross. Bentuk dari model CIR adalah persamaan (7) berikut

$$dr(t) = \alpha(\mu - r(t))dt + \sigma\sqrt{r(t)}dW(t) \quad (7)$$

dengan  $r(t)$  adalah tingkat suku bunga ke- $t$ ,  $\mu$  adalah rata-rata tingkat suku bunga jangka panjang,  $\alpha$  merupakan kecepatan penyesuaian  $r(t)$  terhadap  $\mu$ ,  $\sigma$  adalah volatilitas, dan  $W(t)$  merupakan proses Wiener.

## 2.4 Iuran Normal

Secara umum iuran pensiun yaitu pembayaran yang dilakukan peserta dana pensiun dalam memenuhi biaya manfaat pensiun (Andriani, dkk., 2009). Persamaan untuk menghitung iuran normal dengan metode *Projected Unit Credit* (PUC) yaitu persamaan (8) berikut

$${}^r(NC)_x = \frac{B_r}{r - y} {}_{r-x}p_x v^{r-x} \ddot{a}_r = \frac{1}{r - y} {}^r(PVFB)_x \quad (8)$$

dengan

${}^r(NC)_x$  : iuran normal saat peserta berusia  $t$  tahun

$B_r$  : besar manfaat pensiun

$\ddot{a}_r$  : anuitas hidup diskrit di muka  $r$  tahun

$v^{r-x}$  : tingkat suku bunga  $(t - x)$  tahun

${}_{r-x}p_x$  : peluang peserta usia  $x$  tahun hidup hingga  $(r - x)$  tahun.

## 2.5 Kewajiban Aktuaria

Kewajiban Aktuaria (AL) adalah jumlah dana program pensiun yang diakumulasikan untuk membayar manfaat pensiun di masa yang akan datang (Hutabalian et al., 2021). Persamaan untuk menghitung kewajiban aktuaria dengan metode *Projected Unit Credit* (PUC) yang ditampilkan pada persamaan (9), yakni:

$${}^r(AL)_x = \frac{x-y}{r-y} B_{r-r-x} p_x v^{r-x} \ddot{a}_r = \frac{x-y}{r-y} {}^r(PVFB)_x \quad (9)$$

dengan  ${}^r(AL)_x$  adalah kewajiban aktuaria.

## 2.6 Mean Absolut Percentage Error (MAPE)

Peramalan adalah hal yang tidak pasti maka diperlukannya kriteria sebagai penentu keakuratan prediksi. Prediksi akurat memiliki kesalahan (*error*) yang minim. *Error* yang didapat merupakan hasil selisih antara nilai aktual dengan nilai prediksi (Khair et al., 2017). *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) adalah standar yang sering dipakai dalam ukuran kesesuaian metode peramalan. Jika nilai MAPE yang didapat suatu metode semakin kecil maka metode yang dipilih semakin baik. Rumusan MAPE didefinisikan sebagai berikut pada persamaan (10):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|r_t - \hat{r}_t|}{r_t} \quad (10)$$

dengan

- $r_t$  : nilai aktual pada waktu- $t$
- $\hat{r}_t$  : nilai ramalan pada waktu- $t$
- $n$  : jumlah periode.

Skala akurasi peramalan menurut Lewis disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Skala Akurasi Peramalan

MAPE	Tingkat Akurasi Peramalan
$\leq 10\%$	Sangat akurat
11% - 20%	Peramalan yang baik
21% - 50%	Peramalan yang beralasan
51% - lebih	Peramalan tidak akurat

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian yang dilakukan, metode maksimum *likelihood* digunakan dalam mengestimasi parameter  $\alpha$ ,  $\mu$  dan  $\sigma$ , di mana fungsi kepadatan peluang dari  $r(t)$  berdistribusi normal, yaitu pada persamaan (11) berikut:

$$f(r(t); \alpha, \mu, \hat{\sigma}) = (2\pi\hat{\sigma}^2)^{-\frac{1}{2}} \exp \left[ -\frac{(r_t - \mu - e^{-\alpha\Delta t}(r_{t-1} - \mu))^2}{2\hat{\sigma}^2} \right] \quad (11)$$

Fungsi *likelihood* untuk persamaan (11) berupa persamaan (12) berikut:

$$L(\alpha, \mu, \hat{\sigma}) = (2\pi\hat{\sigma}^2)^{-\frac{n}{2}} \exp \left( -\frac{1}{2\hat{\sigma}^2} \sum_{t=1}^n [(r_t - \mu - e^{-\alpha\Delta t}(r_{t-1} - \mu))^2] \right) \quad (12)$$

Fungsi logaritma natural (ln) dari fungsi *likelihood* pada persamaan (12) dinyatakan pada persamaan (13) berikut:

$$L(\alpha, \mu, \hat{\sigma}) = \frac{n}{2} \ln(2\pi) - n \ln(\hat{\sigma}) - \frac{1}{2\hat{\sigma}^2} \sum_{t=1}^n \left[ (r_t - \mu - e^{-\alpha\Delta t}(r_{t-1} - \mu))^2 \right]$$

$$= \frac{n}{2} \ln(2\pi) - n \ln(\hat{\sigma}) - \frac{1}{2\hat{\sigma}^2} \sum_{t=1}^n [(r_t - \mu(1 - e^{-\alpha\Delta t}) - e^{-\alpha\Delta t}r_{t-1})^2] \quad (13)$$

Estimasi parameter  $\hat{\alpha}$  dan  $\hat{\mu}$  diperoleh dengan menurunkan fungsi logaritma natural *likelihood* terhadap  $\alpha$  dan  $\mu$ , sehingga didapatkan persamaan dari parameter ( $\hat{\alpha}$ ,  $\hat{\mu}$ , dan  $\hat{\sigma}^2$ ) berupa persamaan (14) dan (15) berikut:

$$\hat{\alpha} = -\frac{1}{\Delta t} \ln \frac{n \sum_{t=1}^n r_t r_{t-1} - \sum_{t=1}^n r_t \sum_{t=1}^n r_{t-1}}{n \sum_{t=1}^n r_{t-1}^2 - (\sum_{t=1}^n r_{t-1})^2}, \quad (14)$$

$$= \frac{\sum_{t=1}^n r_t - \sum_{t=1}^n \hat{\gamma} r_{t-1}}{n(1 - e^{-\alpha\Delta t})}, \quad (15)$$

dengan  $\hat{\gamma}$  didapatkan dari persamaan (16), yakni

$$\hat{\gamma} = \frac{n \sum_{t=1}^n r_t r_{t-1} - \sum_{t=1}^n r_t \sum_{t=1}^n r_{t-1}}{n \sum_{t=1}^n r_{t-1}^2 - (\sum_{t=1}^n r_{t-1})^2}, \quad (16)$$

dan perhitungan  $\hat{\sigma}^2$  tertera pada persamaan (17), yakni

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{(r_t - (r(t)e^{-\hat{\alpha}\Delta t} + \hat{\mu} - \hat{\mu}e^{-\hat{\alpha}\Delta t}))^2}{\frac{r(t)}{\hat{\alpha}} (e^{-\hat{\alpha}\Delta t} - e^{-2\hat{\alpha}\Delta t}) + \frac{\hat{\mu}}{2\hat{\alpha}} (1 - e^{-\hat{\alpha}\Delta t})^2}. \quad (17)$$

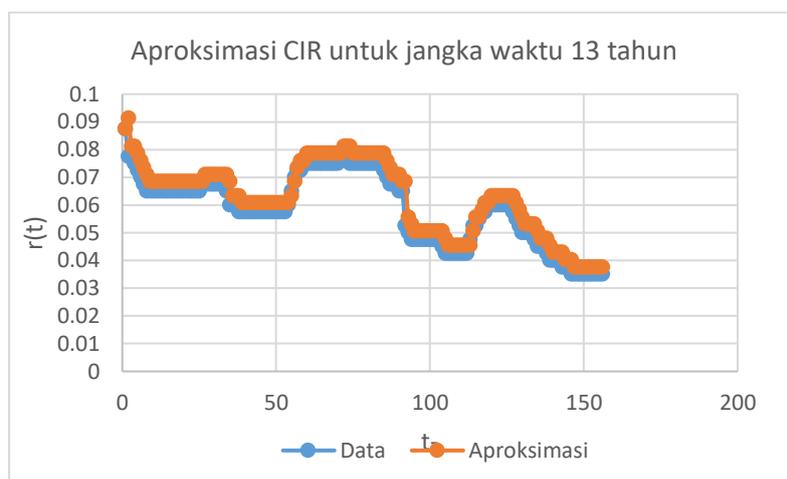
Penaksiran parameter suku bunga *Cox Ingersoll Ross* diterapkan pada data tingkat suku bunga Bank Indonesia (BI) *Rate* dari Januari 2009 sampai dengan Desember 2021. Adapun hasil penaksiran parameter dengan metode maksimum *likelihood*nya diperoleh ditampilkan pada Tabel 2 berikut:

**Tabel 2.** Hasil dari Estimasi Parameter Model CIR 13 Tahun

Estimasi Parameter	$\hat{\alpha}$	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$
Hasil	0,2806	0,0625	0,0528

Hasil estimasi parameter tersebut digunakan untuk menghasilkan kurva perkiraan suku bunga. Nilai awal adalah data BI *rate* pada Januari 2009. Berdasarkan hasil simulasi didapatkan nilai MAPE sebesar 6,45%.

Pada Gambar 1, terlihat bahwa pola pergerakan suku bunga dengan model CIR dapat mengikuti pola pergerakan data yang sebenarnya. Berdasarkan nilai MAPE dan pola pergerakannya dapat disimpulkan bahwa model CIR merupakan perkiraan yang baik untuk tingkat suku bunga 13 tahun.



**Gambar 1.** Hasil Aproksimasi Tingkat Suku Bunga untuk Jangka Waktu 13 Tahun

Contoh aplikasi berikut diberikan untuk memperjelas perhitungan aktuaria, contoh: seorang pegawai negeri sipil golongan IV/B laki-laki memulai kepesertaan pada usia 28 ( $x = 28$ ) dan akan mencapai usia pensiun pada usia 58 ( $r = 58$ ) pada tanggal 1 Januari 2046. Gaji pokok setahun pertama Rp3.173.100,00 setiap bulan, gaji terakhir sebelum pensiun Rp5.052.300, dan 30 tahun dihitung dari masa kerja ( $n$ ) yaitu:

Perhitungan untuk iuran normal yang diperoleh sebagai berikut:

a. Manfaat Pensiun Normal

Berdasar data yang diperoleh jumlah manfaat pensiun yang akan diterima oleh para pensiunan dihitung dengan asumsi gaji terakhir sebagai berikut:

$$\begin{aligned} B_{58} &= (\min(2,5\% * (r - y); 75\%))(PhDP) \\ &= (\min(2,5\% * (58 - 24); 75\%))(5.052.300,00) \\ &= (75\%)(5.052.300,00)(12) \\ &= 45.470.700 \end{aligned}$$

Oleh karena itu, manfaat pensiun yang biasa dibayarkan setelah peserta berusia 58 tahun adalah Rp. 45.470.700,00 pada awal tahun saat peserta meninggal dunia.

b. Perhitungan *accrual benefit*

Besar dari *accrual benefit* diberikan pada usia 28 tahun ( $b_{28}$ ) adalah:

$$\begin{aligned} b_{28} &= \frac{45.470.700}{1.492.647.600} (38.077.200) \\ &= 1.159.950 \end{aligned}$$

Dengan demikian, ketika peserta berusia 28 tahun *accrual benefit* yang diberikan kepada peserta adalah Rp 1.159.950,00.

c. Perhitungan Iuran Normal Pensiun

Untuk menentukan besarnya iuran normal yang diperlukan untuk mendanai *accrual benefit* pada usia 28 tahun digunakan persamaan (8), yaitu:

$$\begin{aligned} PUC_{58}(NC)_{28} &= \frac{b_{28} v^{58-28} {}_{58-28}p_{28} \ddot{a}_{58}}{(58 - 28)} \\ &= \frac{1.159.950 \times \left(\frac{1}{1+0,0875}\right)^{30} \times 0,899 \times 15,25}{(30)} = 42.802. \end{aligned}$$

Jadi, besar iuran normal yaitu Rp42.802,00 per tahun pada usia 28 tahun. Untuk mendanai *accrual benefit* yang dialokasikan pada tahun tersebut yaitu sebesar Rp513.624,00. Pada usia sebelum pensiun besarnya iuran yaitu Rp28.016.266,00 per tahun di usia 57 tahun untuk mendanai *accrual benefit* sebesar Rp1.790.537,00. Peserta pensiun dengan gaji akhir sebesar

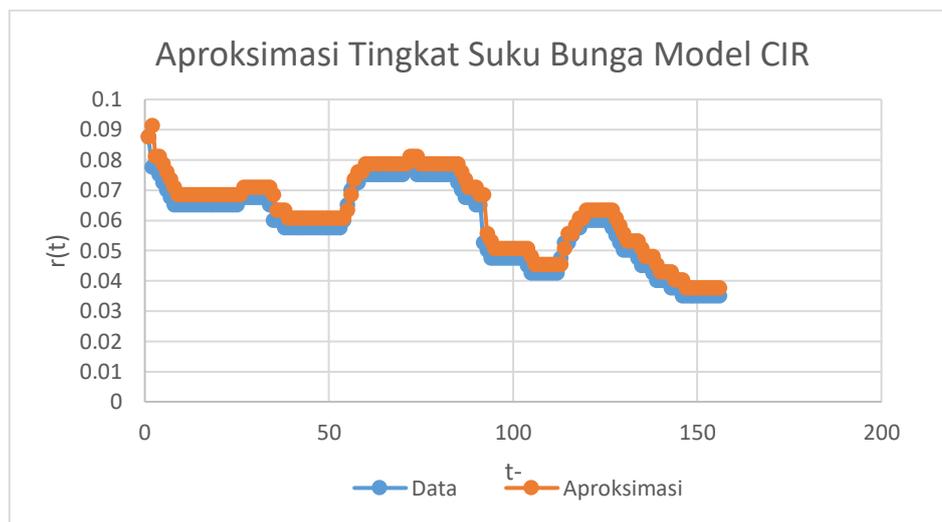
Rp58.777.200,00 per tahun akan mendapatkan manfaat pensiun sebesar Rp45.470.700,00 setiap tahun atau Rp3.789.225,00 per bulan.

Hasil perhitungan iuran normal berdasarkan tingkat suku bunga menurut model CIR disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil dari perhitungan PhDP, *Accrual Benefit* serta iuran Normal

Usia	CIR $r(t)$	Gaji (per tahun)	Accrual Benefit (per tahun)	Iuran Normal (per tahun)
28	0,0875	Rp 38.077.200	Rp 1.159.950	Rp 42.805
29	0,0913	Rp 38.077.200	Rp 1.159.950	Rp 44.058
30	0,0811	Rp 39.277.200	Rp 1.196.506	Rp 67.575
31	0,0811	Rp 39.277.200	Rp 1.196.506	Rp 76.554
32	0,0786	Rp 40.513.200	Rp 1.234.158	Rp 95.055
33	0,076	Rp 40.513.200	Rp 1.234.158	Rp 114.249
34	0,0735	Rp 41.790.000	Rp 1.273.054	Rp 140.775
35	0,0709	Rp 41.790.000	Rp 1.273.054	Rp 167.914
36	0,0684	Rp 43.105.200	Rp 1.313.119	Rp 205.431
37	0,0684	Rp 43.105.200	Rp 1.313.119	Rp 231.251
38	0,0684	Rp 44.463.600	Rp 1.354.500	Rp 269.003
39	0,0684	Rp 44.463.600	Rp 1.354.500	Rp 303.997
40	0,0684	Rp 45.864.000	Rp 1.397.160	Rp 355.239
41	0,0684	Rp 45.864.000	Rp 1.397.160	Rp 403.605
42	0,0684	Rp 47.308.800	Rp 1.441.174	Rp 474.591
43	0,0684	Rp 47.308.800	Rp 1.441.174	Rp 543.109
44	0,0684	Rp 48.798.000	Rp 1.486.539	Rp 643.944
45	0,0684	Rp 48.798.000	Rp 1.486.539	Rp 744.041
46	0,0684	Rp 50.335.200	Rp 1.533.367	Rp 892.157
47	0,0684	Rp 50.335.200	Rp 1.533.367	Rp 1.044.560
48	0,0684	Rp 51.920.400	Rp 1.581.657	Rp 1.272.410
49	0,0684	Rp 51.920.400	Rp 1.581.657	Rp 1.518.427
50	0,0684	Rp 53.556.000	Rp 1.631.483	Rp 1.893.350
51	0,0684	Rp 53.556.000	Rp 1.631.483	Rp 2.326.455
52	0,0684	Rp 55.242.000	Rp 1.682.844	Rp 3.012.240
53	0,0684	Rp 55.242.000	Rp 1.682.844	Rp 3.892.388
54	0,0709	Rp 56.982.000	Rp 1.735.849	Rp 5.358.547
55	0,0709	Rp 56.982.000	Rp 1.735.849	Rp 7.724.776
56	0,0709	Rp 58.777.200	Rp 1.790.537	Rp 12.933.654
57	0,0709	Rp 58.777.200	Rp 1.790.537	Rp 28.016.266

Sebagai perbandingan, digunakan iuran normal untuk suku bunga tetap sebesar 9%. Grafik pada Gambar 2 menunjukkan perbandingan iuran tetap dan suku bunga tetap dengan menggunakan model CIR. Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa iuran normal suku bunga CIR cenderung lebih besar dari iuran normal suku bunga tetap, namun selisih keduanya tidak terlalu besar.



**Gambar 2.** Perbandingan Iuran Normal dengan Tingkat Suku Bunga Model CIR dan Suku Bunga Tetap

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penerapan model CIR menunjukkan hasil pendekatan menggunakan model CIR sangat baik, ini didasarkan pada nilai MAPE yang cukup kecil. Hasil ini menunjukkan bahwa pola perkiraan suku bunga dan suku bunga pasar bergerak dengan cara yang hampir sama. Besaran iuran normal dengan pendekatan model CIR cenderung lebih besar dibandingkan dengan menggunakan tingkat bunga konstan. Suku bunga CIR lebih menguntungkan bagi penyedia dana pensiun karena iuran yang lebih teratur dicapai dengan tingkat manfaat yang sama. Hasil perhitungan menggunakan model tingkat bunga CIR, dengan asumsi tingkat bunga CIR sesuai dengan keadaan sebenarnya, yaitu tingkat bunga yang berfluktuasi dari waktu ke waktu untuk meminimalkan kerugian kedua belah pihak. Hasil ini sesuai dengan penelitian Artika, 2020).

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, Y., Des Alwine, Z., & Munarsih, E. (2009). Perhitungan dana pensiun untuk pensiun normal berdasarkan metode constant dollar (Studi kasus: PT. Taspen Palembang). *Jurnal Penelitian Sains*, 12(2), 1-6.
- Artika, S. (2020). Penentuan premi asuransi jiwa berjangka 5 tahun menggunakan model Vasicek dan model Cox-Ingersoll-Ross (CIR). *Statmat: Jurnal Statistika dan Matematika*, 2(2), 103-114.
- Hutabalian, S. V., Widana, I. N., & Harini, L. P. I. (2021). Penggunaan metode projected unit credit dan aggregate cost pada asuransi pensiun normal. *E-Jurnal Matematika*, 10(4), 209-214.
- Islam, M. E. N., Wilandari, Y., & Suparti, S. (2016). Perhitungan pembiayaan dana pensiun dengan metode attained age normal dan projected unit credit (Studi kasus: PT. Taspen (Persero) Kantor Cabang Utama Semarang). *Jurnal Gaussian*, 5(3), 505-514.

- Khair, U., Fahmi, H., Al Hakim, S., & Rahim, R. (2017). Forecasting error calculation with mean absolute deviation and mean absolute percentage error. *Journal of Physics: Conference Series*, 930(1), 012002.1- 012002.7.
- Luenberger, D. G. (1992). Benefit functions and duality. *Journal of Mathematical Economics*, 21(5), 461-481.
- Permana, B. N., Purnamasari, Y., & Purnamasari, I. (2017). Penerapan metode projected unit credit dan entry age normal pada asuransi dana pensiun. *Eksponensial*, 7(2), 171-178.
- Revani, M. A., Wilandari, Y., & Ispriyanti, D. (2012). Penentuan cadangan disesuaikan dengan metode Illinois pada asuransi jiwa endowmen semikontinu. *Jurnal Gaussian*, 1(1), 147-158.
- Soffan, R. M., Noviyanti, L., & Setyanto, G. R. (2011). Perhitungan premi asuransi jiwa berjangka menggunakan model stokastik tingkat suku bunga. *E-Journal Biostatistics*, 5(1), 1-10.
- Utami, A. H. B., Wilandari, Y., & Wuryandari, T. (2012). Penggunaan metode projected unit credit dan entry age normal dalam pembiayaan pensiun. *Jurnal Gaussian*, 1(1), 47-54.